

ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA RELACIÓN PRESIÓN VS TEMPERATURA A VOLUMEN Y CANTIDAD DE SUSTANCIA CONSTANTES PARA AIRE.

BECERRIL TÉLLEZ GIRÓN, J. (1); HERNÁNDEZ SEGURA, O. (2); FLORES ALMAZÁN, S. (3) y TREJO CANDELAS, L. (4)

(1) Físicoquímica. UNAM jobecerrilprimera@yahoo.com.mx

(2) UNAM. gorrigohs@hotmail.com

(3) UNAM. safasusa1@hotmail.com

(4) UNAM. lmtrejo@unam.mx

Resumen

Se revisa la enseñanza experimental de la Termodinámica que se realiza en nuestra facultad y se presentan una propuesta experimental sencilla, rápida, repetible y reproducible para realizar en el laboratorio de Termodinámica y que permite ilustrar la conducta de la presión de un gas (aire) en función de la temperatura, a volumen y cantidad de sustancia constantes (ley de Guy-Lussac). Del análisis de la gráfica presión absoluta vs temperatura absoluta se puede estimar el valor del cero absoluto de temperatura. Además, se puede discutir la importancia del concepto “absoluto” al construir y analizar conductas de gráficas que no incluyan una o dos propiedades absolutas.

Objetivos

Presentar una propuesta experimental adecuada para realizar en el laboratorio de Termodinámica de nivel universitario y que permite ilustrar la conducta de la presión de un gas (aire) en función de la temperatura, a volumen y cantidad de sustancia constantes (ley de Guy-Lussac). Del análisis de la gráfica presión absoluta vs temperatura absoluta se puede estimar el valor del cero absoluto de temperatura.

Marco teórico

La termodinámica es una asignatura que se ofrece en nuestra facultad como curso teórico (4 hr/semana) -práctico (3 hr/semana) en el tronco común durante el segundo semestre (16 semanas). En promedio tenemos una población inscrita de 840 alumnos en semestre par (alumnos regulares) y de 480 en semestre impar (alumnos irregulares) que se encuentran divididos en aproximadamente 20 y 10 grupos de teoría y 40 y 20 de laboratorio, que logran un índice de aprobación promedio de 65 y 44 %, respectivamente, mientras que en la sesión de laboratorio éste índice es mayor (85 y 50 %, respectivamente).

La razón de estas calificaciones puede ser que los estudiantes la aprenden de manera superficial y creen que es muy abstracta, difícil, tediosa, teórica, solo un curso de matemáticas aplicadas, sin relación a otros temas y muy alejada de cualquier aplicación práctica, etc. (Rozier & Viennot, 1991). La metodología común de su enseñanza teórica es vía el tratamiento matemático de situaciones experimentales imaginarias lo que requiere mucha intuición (De Bernardis et al, 1994). En general, una clase típica de teoría contempla una exposición magistral con ayuda del pizarrón donde se utilizan las matemáticas para exponer de manera formal y rigurosa la mayor parte de los temas. Y una clase típica de laboratorio contempla contestar y revisar un cuestionario previo, revisar el protocolo y/o la teoría asociada para aclarar dudas, realizar el trabajo experimental y, si hay tiempo dependiendo del número de protocolos a realizar, discutir los resultados obtenidos.

Nuestro programa actual consta de cinco unidades: 1. Introducción a la termodinámica, 2. Comportamiento empírico de fluidos, 3. Primera ley y ecuación energética, 4. Segunda ley, función entropía, y 5. Potenciales termodinámicos y criterios de equilibrio. Con respecto a los protocolos experimentales de la sesión laboratorio, en la actualidad se realizan hasta 10 protocolos obligatorios y una experiencia de cátedra (punto crítico): 1. Lenguaje termodinámico, 2. Presión, 3. Temperatura, 4. Relación presión-volumen para un sistema gaseoso. 5. Determinación de la masa molar de un líquido volátil por el método de las presiones parciales. 6. Capacidad térmica. 7. Equivalencia calor-trabajo. 8. Calor latente de fusión del hielo. 9. Determinación de $C_{p,m}$ y $C_{v,m}$ del aire a partir del coeficiente adiabático. 10. Determinación del calor de combustión usando la bomba calorimétrica. Existen, además, dos 2 protocolos opcionales: Verificación de termómetros digitales y entropía.

Con respecto al único protocolo que se realiza para el estudio de los gases, aunque la selección es adecuada porque la presión varía inversamente con el volumen, el experimento seleccionado presenta diversas dificultades: No permite visualizar el sistema en estudio, se obtienen mediciones de presión en un intervalo muy pequeño (a lo más en 500 mm de Hg) lo que genera una conducta lineal en lugar de la esperada, etc. Por esta razón conviene buscar alternativas que ilustren ésta ley con otro experimento u otras leyes de los gases. Estos experimentos son valiosos para la educación científica de nivel bachillerato como en la educación profesional porque proporcionan tanto evidencia experimental del comportamiento de sistemas reales como el estudio de los modelos de sistemas más sencillos que se pueden medir en la Termodinámica.

Desarrollo del tema

Entre las diversas recomendaciones que existen de lograr un aprendizaje profundo y duradero está el realizar actividades experimentales que acompañen la clase tradicional y proporcionan al estudiante experiencia directa de equipos científicos y de los fenómenos, lo que facilita su enfoque inicial en los aspectos macroscópicos y leyes generales para luego desarrollar un modelo y/o posible explicación microscópica de sus observaciones macroscópicas.

El introducir protocolos que ilustren adecuadamente las leyes de los gases es un objetivo básico de cualquier curso teórico-práctico de Termodinámica. En la literatura existen múltiples experimentos que ilustran las leyes de los gases. Por ejemplo, hasta mayo de 2009 en la revista *Journal of Chemical Education* se han publicado, al menos, 18 propuestas experimentales para ilustrar la de Boyle (P vs V), otras 18 para la ley de Charles (V vs T), y ninguna para ilustrar, explícitamente, la ley de Guy Lussac (P vs T). Sin embargo existe, en esta revista, sólo un experimento que determina el cero absoluto a partir de mediciones de P vs T (Salter, 2003).

Por fortuna se han publicado recientemente en México una serie de libros que contienen diversos experimentos relevantes para nuestro interés: Acevedo Chávez & Costas Basín, 2005 & 2006. Entre los experimentos propuestos hemos seleccionado y adaptado los titulados “Propiedades termométricas IIA y IIB” (pp 71 a 78 en Acevedo Chávez & Costas Basín, 2005) y “Coeficientes de respuesta en sistemas PVT” (pp 56 a 62 en Acevedo Chávez & Costas Basín, 2006). Ambos experimentos utilizan un matraz esférico de 250 mL con un tapón hermético donde se incluye un manómetro analógico. El matraz se introduce en un baño térmico. Dentro del matraz de vidrio queda atrapado aire. Se registra la variación de la presión (en psi) en el manómetro digital en función de la temperatura (en °C) en el intervalo de 0 a 60 °C controlada en el baño térmico y esperando tiempo suficiente para alcanzar equilibrio térmico (del orden de 30 minutos por temperatura). En el primer experimento citado trazan luego la conducta de la presión manométrica (en mmHg) vs temperatura (en °C) y obtienen una conducta lineal. En el segundo experimento realizan mediciones en el intervalo de 40 a 67 °C y ajustan sus resultados a la relación presión absoluta (en atm) vs temperatura (en K) con la que obtienen la ecuación $P = 0.01533 + 0.00253 T$, con $R = 0.99981$. El análisis lo enfocan a la pendiente de esta ecuación como cociente de los coeficientes de respuesta a/k.

En nuestro caso hemos reorientado este experimento para, explícitamente, ilustrar la ley de Guy Lussac (P vs T) y para estimar el valor del cero absoluto de temperatura. Una corrida experimental típica de nuestro experimento (30 minutos luego del montaje) se muestra en la figura 1.

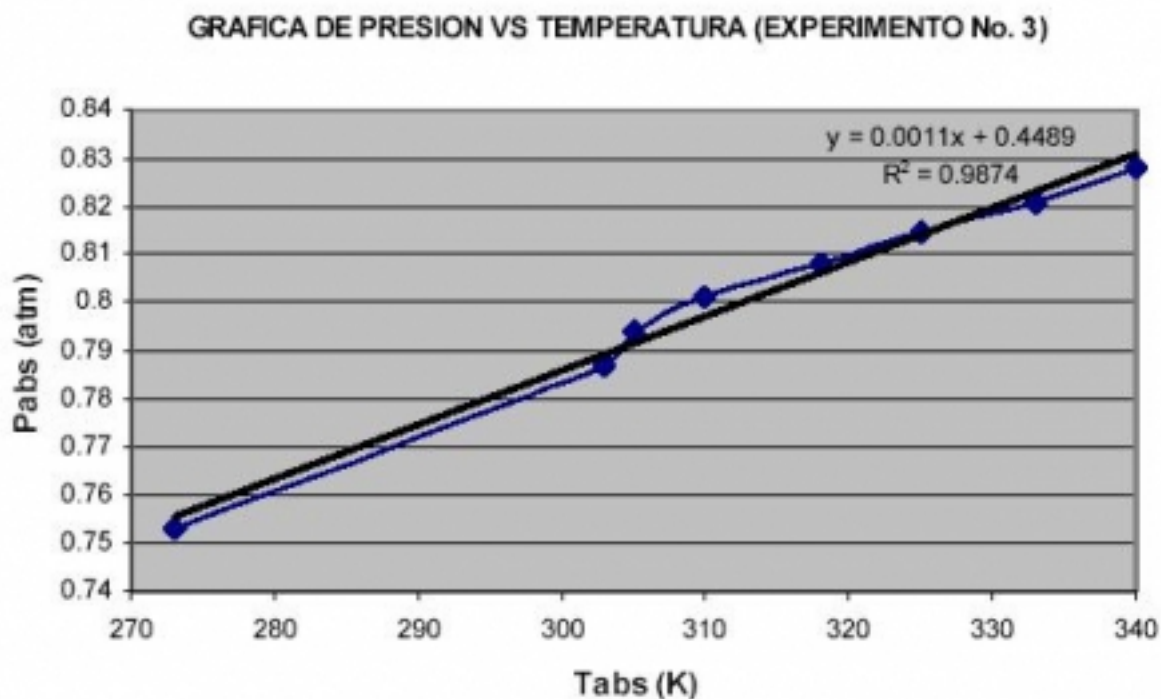


Figura 1. Resultados típicos de P vs T (b).

Se observa una conducta lineal a pesar de la fluctuación de los datos experimentales lo que confirma la ley de Guy-Lussac. El ajuste a los datos arroja una línea recta de buena calidad que genera una ordenada al origen igual a la temperatura absoluta (0.4489 K) muy cercana al valor esperado (0.0 K) si se compara con el valor promedio obtenido con un experimento publicado en la literatura de 2.95 K (Salter, 2003).

Una actividad adicional que realizamos es pedirles a los alumnos que realicen las gráficas y los ajustes correspondientes a las conductas de presión manométrica vs temperatura absoluta, presión absoluta vs temperatura en °C y presión manométrica vs temperatura en °C. Se pide comparar las ordenadas al origen de estos ajustes con el que emplea propiedades absolutas. De esta discusión se hace evidente la importancia del concepto “absoluto” en termodinámica para poder generar diversas explicaciones y predicciones.

Conclusiones

El experimento seleccionado en este trabajo es muy sencillo y rápido de hacer (30 minutos luego del montaje) en el laboratorio de Termodinámica. Permite ilustrar la conducta de la presión de un gas (aire) en función de la temperatura, a volumen y cantidad de sustancia constantes (ley de Guy-Lussac). Del análisis de la gráfica presión absoluta vs temperatura absoluta se puede estimar el valor del cero absoluto de temperatura. Los resultados obtenidos son muy cercanos al valor esperado. Además, se puede discutir la importancia del concepto “absoluto”.

Referencias bibliográficas

ACEVEDO CHÁVEZ, A. & COSTAS BASÍN, M. E. (2005). *Experiencias sobre la propiedad temperatura*. México: UNAM.

ACEVEDO CHÁVEZ, A. & COSTAS BASÍN, M. E. (2006). *Experimentos en termodinámica clásica elemental*. México: Facultad de Química, UNAM.

DE BERNARDIS, G., DE PAZ, M., PILO, M. & SONNINO, G. (1994). Thermodynamic experiments on gases with a computer on-line. *Physics Education*, 29(4), 222-229.

ROZIER, S. & VIENNOT, L. (1991). Students' Reasonings in Thermodynamics. *International Journal of Science Education*, 13(2), 159-170.

CITACIÓN

BECERRIL, J.; HERNÁNDEZ, O.; FLORES, S. y TREJO, L. (2009). Estudio experimental de la relación presión vs temperatura a volumen y cantidad de sustancia constantes para aire.. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 3592-3596
<http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-3592-3596.pdf>